

量度继电器可靠性试验及抽样方案研究

陆俭国 唐义良 河北工学院电气系(300130)

前言

量度继电器是保护类电器,它与频繁操作的控制电器(如控制继电器、接触器等)不同。当电力系统运行正常时它不动作仅处于带电运行状态;当电力系统一旦发生了过载或短路等各种故障时,它必须正确动作以使电力系统将故障切除。由于电力系统中故障一般不会很频繁发生,所以量度继电器是不频繁动作的电器。

量度继电器的品种很多,有单台也有整套装置;有机电型(一般均有可动部分),也有静态型(一般无可动部分,由电子电路组成);从其成本和价格看,有的比较价廉,继电器发生故障后不值得修复,属于不可修复产品,有的比较昂贵,发生故障后一般都进行修复后继续使用,属于可修产品。

由于电力系统发生故障时会对国民经济造成巨大损失,所以对电力系统中各种设备的可靠性的要求越来越高,因此量度继电器的可靠性研究是一个十分重要的问题。因此将“量度继电器可靠性试验及评估方法”被列为机械工业发展基金项目,本文对量度继电器可靠性试验及评估方法中的抽样方案进行研究。

1 量度继电器的可靠性指标体系

文^[1]及文^[2]已根据量度继电器的工作特点,提出了它们的可靠性指标体系:

对于价格较廉的机电型产品可看为不可修复产品,其可靠性指标为:

- (1) 失效前平均工作时间 MTTF;
- (2) 成功率 R

对于价格比较昂贵的机电型和静态型产品,一般可看为可修复产品,其可靠性指标为:

- (1) 平均无故障工作时间 MTBF;
- (2) 成功率 R;
- (3) 有效度。

2 量度继电器可靠性试验

2.1 不可修复产品的 MTTF 与可修复产品的 MTBF 验证试验的抽样方案

(1) MTTF 或 MTBF 的验证试验一般应采用实验室试验。

(2) 除非产品标准另有规定,量度继电器的 MTTF 或 MTBF 验证试验推荐采用定时或定数截尾试验,其抽样方案置信度 $(1-\beta)$ 取为 0.9(即 β 取为 0.1),在产品寿命(对不可修复产品为失效前工作时间,对可修复产品为相邻两次故障间的工作时间)服从指数分布时, MTTF 或

本论文得到机械工业发展基金资助

《继电器》1994 年第 4 期 65

MTBF 的验证试验方案见表 1。表中 r_c 为截尾失效数, T_c 为截尾时间, θ_1 为不可接受的平均寿命。

(3) MTTF 或 MTBF 验证试验的程序

表 1 MTTF 或 MTBF 的验证试验方案

β	截尾失效数 r_c	截尾时间 T_c (θ_1 的倍数)
0.1	1	2.30
0.1	2	3.89
0.1	3	5.32
0.1	4	6.68
0.1	5	7.99
0.1	6	9.27
0.1	7	10.53
0.1	8	11.80
0.1	9	13.00
0.1	10	14.21

- ① 规定产品的可靠性指标(即规定产品应达到的 MTTF 值或 MTBF 值);
- ② 选定截尾失效数 r_c , 推荐在 3~6 的范围内选择 r_c , 不推荐选择 $r_c=1$;
- ③ 将产品应达到的 MTTF 或 MTBF 值作为 θ_1 , 并按选定的截尾失效数 r_c 值由表 1 查出截尾时间 T_c ;

④ 确定试验样品数 n

从试验样品应具有代表性这方面考虑, n 不宜过小, 一般可主要根据批量大小 N 来确定, N 越大时 n 也应大些, 推荐按表 2 选取 n 。

表 2 推荐的试验样品数 n

批量大小 N	1~2	3~8	9~15	16~25	26~50	51~90	91~150	>150
n 的范围	全部	2	2~3	3~5	5~8	5~13	8~20	13~32

表 2 列出了推荐的试验样品数 n 的范围, 其具体值可考虑产品的价格与总试验时间不致过长这两方面因素来确定;

⑤ 试品抽取

应从出厂试验合格的产品中随机抽取 n 个样品。当批量数 N 足够大时, 供抽样的产品数量应不小于试验样品数 n 的 10 倍;

⑥ 按标准 JB/DQ6296-88^[3] 的有关规定进行试验与检测;

⑦ 统计相关失效数 r ;

⑧ 统计累积相关试验时间 T

定期检测出的相关失效试品, 其相关试验时间按定期检测时的时间计算。试验后检测出的相关失效试品, 其相关试验时间按试验结束时的时间计算;

⑨ 试验结果判定

当相关失效数 r 未达到截尾失效数 r_c (即 $r < r_c$) 且未发生一次或一次以上致命失效, 而累积相关试验时间 T 达到或超过了截尾时间 T_c (即 $T \geq T_c$), 则判为接收; 当累积相关试验时间 T 未达到截尾时间 T_c (即 $T < T_c$), 而相关失效数 r 达到或超过了截尾失效数 ($r \geq r_c$) 或发生了

一次致命失效,则判为拒收。

2.2 成功率 R 的试验方法

成功率是指一个产品在规定条件下完成规定功能的概率,或是指在规定条件下试验成功的概率。在测定或验证产品的成功率时,把受试产品或试验分为成功或失败两种情况。在相邻两次成功的试验之间,受试产品必须恢复到试验开始时同样的状态和性能。

成功率试验一般应采用实验室试验。其试验程序如下:

- (1) 规定产品的成功率指标(即规定产品应达到的 R 值);
- (2) 确定试验样品数 n

一般 n 与 MTTF、MTBF 验证试验时的试验样品数相同,可在进行 MTTF 或 MTBF 验证试验时同时进行成功率试验。

- (3) 定期检测方法

n 台试品长期通以规定电流或电压(一般为 5A、100V),此时试品应处于未动作状态,按一定时间间隔 Δt 进行定期检测,具体方法为:当量度继电器的整定值为 A 时,给试品突然施激励量,其大小为 $A+\Delta A$ (ΔA 值由有关标准规定),此时试品必须动作,如试品不动作则判为该试品发生了一次拒动;当施加激励量为 $A-\Delta A$ 时试品应不动作,如试品动作则判为该试品发生了一次误动。

对不可修复产品,发生拒动或误动后应将该试品退出试验;对可修复产品,发生拒动或误动故障后应进行修复,才能进行下一次检测。

- (4) 统计所有试品总的试验次数(施加激励量 $A+\Delta A$ 与 $A-\Delta A$ 次数之和) n_d ;
- (5) 统计所有试品总的失败次数 r_d

$$r_d=r_1+r_2$$

式中 r_1 为拒动次数, r_2 为误动次数。

- (6) 成功率试验结果的判定

先用下式计算成功率的单侧置信下限 R_L

$$R_L = \frac{n_d - r_d}{n_d - r_d + (r_d + 1)F_{1-\alpha}(V_1, V_2)} \quad (1)$$

式中 $v_1=2(r_d+1)$;

$$v_2=2(n_d-r_d);$$

$1-\alpha$ 为区间估计的置信度,一般取 $1-\alpha=0.9$;

$F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ 为 F 分布的分位数,可由文献^[4]的 F 分布分位数表查得。

当式 1 计算出的 R_L 大于或等于规定的成功率 R 值时判为接收,当 R_L 小于 R 时判为拒收。

2.3 有效度 A 的试验方法

有效度 A 可用下式表示

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

式中 MTTR 为可修复产品的平均修复时间。

A 值采用现场统计方法,由式 2 确定,为使统计的样品有代表性,所统计的样品数应尽可能多些。当式 2 算出的 A 值大于或等于规定的 A 值时判为接收,当小于规定的 A 值时判拒收。(下转 60 页)

为 0.2~10A 且长期耐受 5A, 整定在 0.2A 时能满足本地区负荷低谷时仍能可靠闭锁。图 2 的元件选型如下:

(1) 1YJ₁~3YJ₁ 采用集成电路型低电压继电器, 1YJ₄ 采用集成电路型过电压继电器;

(2) 1SJ~2SJ 采用 SSJ-11B/220V 集成电路型时间继电器, 它具有独立可调的二对延时接点, 延时 t_2 的 1SJ₁ 接点用于合 5DL, 延时 $(t_1-0.1)$ 秒的 1SJ₂ 接点用于确保合 5DL 之前启动加速保护跳闸的中间继电器 2ZJ, 当 5DL 合上后 1SJ 返回, 但 2ZJ 采用延时 1.1 秒返回的 DZS-249/220V 中间继电器, 它提供 6 对空接点, 分别用于加速 2DL、4DL 距离、零序保护并闭锁重合闸, 为实现一回线运行另一回线备用方式, 延时 t_3 的 2SJ₁ 接点用于启动切除故障线路开关, 延时 t_4 的 2SJ₂ 接点用于合上备用开关;

(3) 1ZJ 作用: 当 TV 断线或直流消失时返回, 利用其常闭接点发预告信号;

交流回路的 1LJ、2LJ 继电器接于流变的 B 相测量表计组, 以减少二次负荷阻抗。

3 动作过程

3.1 双回线运行时(2LP~5LP 均不投入), 220kV 系统失电后万安站侧延时 t_1 秒跳开 M 开关, 岩寺站侧 1YJ₁~1YJ₃ 失压, 其常闭触点接通, 1LJ、2LJ 返回, 当黄山线有电时 1YJ₄ 闭合启动 1SJ、2SJ, 延时 t_2 后合上 5DL;

3.2 I 回线运行, II 回线检修时(2LP~5LP 均不投入), 假定是 220kV 失电则动作过程同 3.1, 如果是 I 回线 d_1 瞬时故障则重合闸成功后 1SJ 返回, 若为永久性故障则 1DL 跳闸, 2DL 不会跳闸, 延时 t_2 后合上 5DL, 同时经加速回路使 2DL 0 秒跳闸并闭锁重合闸, 从而岩寺侧供电不受影响;

3.3 I 回线运行, II 回线充电且 4DL 处热备用时(2LP、3LP 投入, 4LP、5LP 断开), 当 220kV 失电或 d_1 永久性故障 1DL 跳开后 2SJ 启动, 经短延时 t_3 跳开 2DL, 长延时 t_4 合上 4DL, 若是 d_1 永久性故障而 II 回线充电则此时岩寺站已恢复供电, 1SJ、2SJ 返回; 若是 220kV 失电则延时 t_2 合上 5DL 后才能恢复供电; 同理, 当 I 回线备用, II 回线运行时只需将 4LP、5LP 投入, 而 2LP、3LP 断开; 在运行方式上应考虑压板的切换问题, 以免 BZT 装置不能正确动作。

通过以上分析, 本套装置完全能满足运行要求, 由于低电流闭锁的可靠避免了失压误动现象。

(上接 67 页)

参考文献

- 1 陆俭国. 量度继电器的可靠性特征量及可靠性指标体系. 继电器 1992. 3.
- 2 韩天行等. 量度继电器可靠性指标体系. 继电器, 1994, 3
- 3 JB/DQ6296-88. 继电器及装置可靠性试验(指数分布)导则及评估方法.
- 4 GB 5080. 4-85. 设备可靠性试验. 可靠性测定试验的点估计和区间估计方法.
- 5 GB 5080. 7-86. 设备可靠性试验. 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障工作时间的验证试验方案.
- 6 国家标准. 控制用电磁继电器可靠性试验通则. (报批稿) 1992.
- 7 陆俭国主编. 电工产品可靠性. 北京机械工业出版社, 1991.